

是德科技

窄带物联网（NB-IoT）：
打造超连接物联网的蜂窝技术

应用指南

物联网设备和低功耗广域网技术介绍

物联网 (IoT) 已经开始走入现实, 到 2020 年, 预计将有数十亿的服务和设备实现随时随地互联。智能家居、可穿戴设备、智慧城市、智慧医疗、智慧交通、智慧农业和智能仪表等等, 各种推动新业务模式发展的应用不胜枚举。

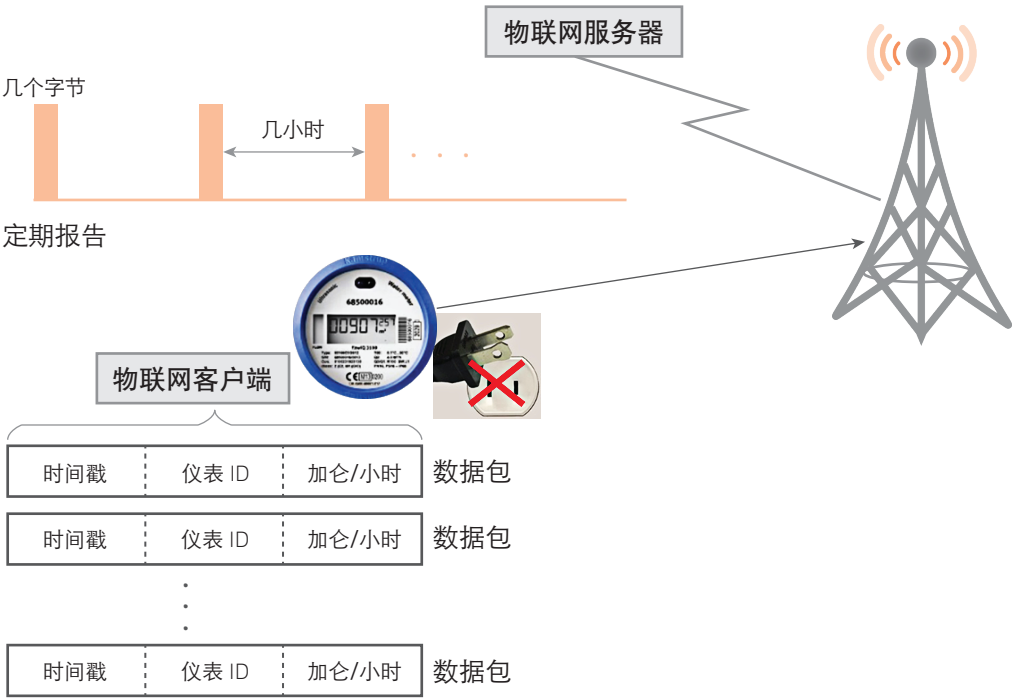
为了支持物联网的进一步发展, 移动行业已经开发了新的无线接入技术, 通常称为低功耗广域网 (LPWAN), 它能够更好地支持这些设备和其应用的特征和要求。

低功耗广域网问世已经有一段时间, 但现有解决方案各行其是, 标准化程度较低, 因此与现有基础设施存在不兼容的问题, 并产生了安全漏洞、可靠性问题和潜在的高运营成本。

本应用指南描述了在物联网市场应用这一新技术的基本驱动因素, 并阐述了此技术发展到现在水平的根本原因, 同时还谈及了采用此新应用面临的挑战。应用指南还详细说明了快速、安全地向市场推出窄带物联网 (NB-IoT) 应用的新方法。

新环境中的老问题

让我们以真实的水表为例，解释快速部署窄带物联网应用面临的挑战。多年来，智能仪表公司已经提供了各种解决方案用于将水表无线连接至数据中心，从而实现自动读表功能。



新环境中的老问题 (续)

这些水表的工作方式非常简单。设备持续测量用水量, 同时创建包含基本信息的小数据包并定期发送至中心, 每隔几个小时仅发送几个字节。

但是, 智能仪表公司遇到的一个挑战是, 水表通常无法使用交流电工作 (容易漏电), 因此它们使用普通电池供电。

现在, 设计人员已经设计了专门的技术, 解决了这个要求苛刻的问题。但随之而来的问题是, 这些公司需要部署自己的网络基础设施, 保证其安全性, 并进行日常维护等。上述工作要求很高的投入, 给此应用的大规模普及设置了诸多障碍。当前的解决方案通常基于专有技术, 需要投入巨资进行基础设施部署。有时, 这些解决方案遵循的标准也不是正式标准, 无法满足范围和功耗要求。

在大多数情况下, 蜂窝网络作为回程使用, 让所有设备连接至云。由于蜂窝低功耗广域网技术提供的解决方案重复利用了蜂窝基础设施, 所以设备可以直接连接至运营商的网络。这样, 运营商就能够采用更强大且标准化的技术, 建立覆盖全国的网络, 并可以提供丰富的增值服务, 如移动服务、漫游、安全服务和身份验证服务。

窄带物联网 (NB-IoT) 是 2014 年开始的 3GPP 标准化流程的产物。作为 3GPP 第 13 版标准的一个组成部分, 窄带物联网技术规范的首个版本在 2016 年 6 月冻结并发布, 旨在支持具有下列要求的类似应用:

- 优化在现有 LTE 空中接口之上的网络体系结构
- 更佳的大规模部署灵活性
- 扩大的室内覆盖范围 (与 GSM 相比 +20 dB)
- 支持数量庞大的双向通信设备 (数据传输速率仅为几十 kbps)
- 低成本设备 (单价低于 5 美元)
- 低功耗 (电池使用寿命超过 10 年)

窄带物联网是一种新型无线接入技术, 虽然与现有的 3GPP 设备不兼容, 但是其继承了 LTE 的很多特征, 例如频带、物理层基础、参数值定义和高层复用 (NAS、RRC、RLC 和 MAC 过程)。但是, 需要注意的是, 因为带宽减少到 180 kHz (加上防护频带为 200 kHz), 其要求创建与 LTE 不同的新物理信道和程序。

与其他物联网技术一样, 此应用的终极目标就是更大的覆盖范围和更低的功耗。为了减少设备复杂性和成本, 很多基础 LTE 功能都是不支持的, 例如空间复用、载波聚合、演进的多媒体广播组播业务 (eMBMS) 和双连通性。也不支持高层服务, 例如 IP 多媒体子系统 (IMS)。

在现有 LTE 空中接口之上优化的网络体系结构

虽然窄带物联网与现有 3GPP 设备不兼容，但它仍然继承了很多 LTE 特征，例如物理层基础和高层体系结构。

唯一实现标准化的双工模式是频分双工（FDD）；因此，上行链路和下行链路使用不同的频率。目前，窄带物联网没有时分双工（TDD）版本，而 3GPP 在短期内也没有定义计划。

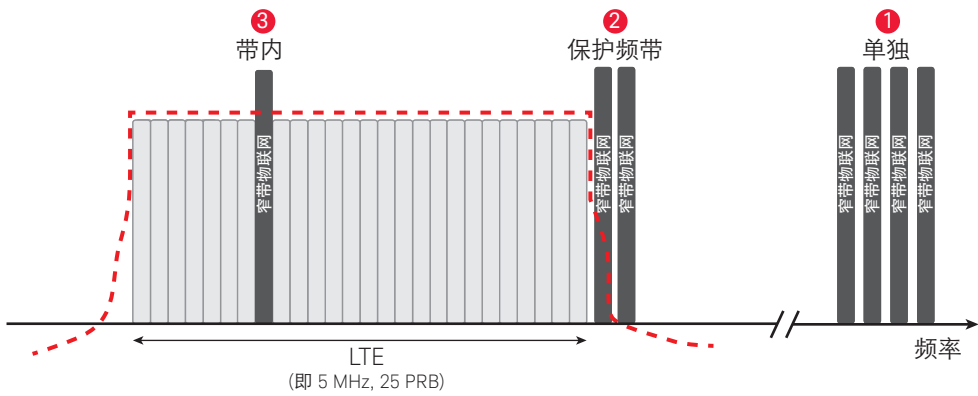
为了减少设备复杂性和成本，3GPP 制定了三个主要的设计决策。首先，窄带物联网遵照半双工设计，这样就无需使用昂贵的双工器滤波器来分离发射和接收链路；您可以使用开关代替。其次，不支持 MIMO，特别是空间多路复用技术，因此用户设备（UE）仅需要实施一个接收机链路。最后，非常重要的一点是，信道带宽仅为 180 kHz，这减少了整体平台成本。

测试仪	说明
频率范围	窄带物联网 (LTE) FDD 频带： 1、2、3、5、8、11、12、13、17、18、19、20、25、26、28、66、70
双工模式	FDD 半双工 B 型
MIMO	不支持 MIMO
带宽	180 kHz (1PRB)
多址接入	下行链路: OFDMA
	上行链路: SC-FDMA
调制方案	下行链路: QPSK
	上行链路: 单音: $\pi/4$ -QPSK、 $\pi/2$ -BPSK 多音: QPSK
覆盖范围	164 dB (+20 dB GPRS)
数据速率	下行链路约 25 kbps，上行链路约 64 kbps （多音用户设备）
时延	< 10 秒
低功率	eDRX、省电模式

虽然窄带物联网继承了很多 LTE 特征，但其目标是低数据速率和低功耗应用。因此，不支持有些先进的、以数据为中心的 LTE/LTE-Advanced 功能，例如 CSI 报告、载波聚合和 IMS。

蜂窝物联网部署的灵活性

3GPP 为窄带物联网定义了三种不同的部署模式，支持在 180 kHz 以上的任何可用频谱中进行部署。三个模式如下图所示。



单独模式支持将 GSM 载波替换为窄带物联网信元，有利于现有 2G 频谱的复用。保护频带使用 LTE 载波保护频带内未使用的资源块，可以实现有保证的共存。带内对 LTE 运营商来说是最佳方法，因其具有最高效的频谱利用率，并且是用现有 LTE 载波支持窄带物联网，成本较低。在此例中，窄带物联网载波通过替代可用的 LTE 物理资源块（PRB）嵌入至 LTE 信号中，不会导致 LTE 运行中断。

因为窄带物联网设备有望支持所有这三种模式，以单独模式部署的窄带物联网载波能够在频谱迁移至 LTE 后继续运行（通过保护频带或带内），所以重新规划旧技术使用的频谱不会造成阻碍。

测试窄带物联网设备覆盖范围等级

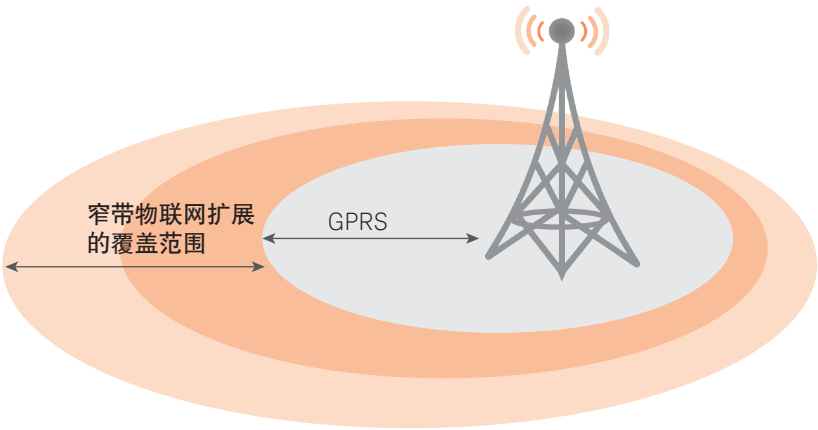
根据部署的技术和频谱重整计划，每个运营商都可以采用不同的部署模式。因此，为了保证物联网设备的全球互操作性，非常重要的一点就是所有三种模式都应在真实用例中进行适当测试和验证。

当配置 Keysight UXM 无线测试仪作为窄带物联网基站仿真器时，您可以选择部署模式。如果选择带内或保护频带，那么 UXM 将自动仿真窄带物联网信元和其对应的 LTE 信元，免去了进一步配置的复杂性。这样可以极大缩短设置时间，也不要求窄带物联网开发人员掌握过多的知识。

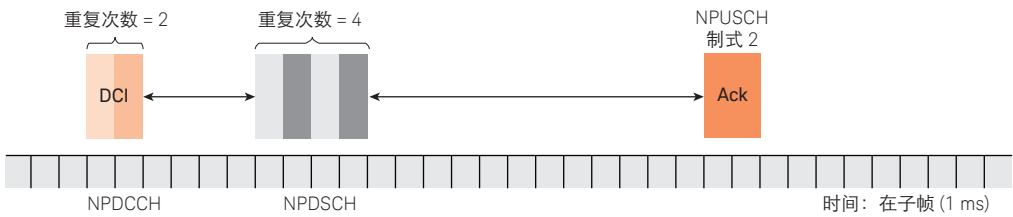


改善物联网设备的室内覆盖

一些物联网应用假定设备部署在遥远的位置或难以到达的位置，例如地下室、地道或郊区。窄带物联网的设计采用 164 dB 链路预算，与 GPRS 相比，实现 20 dB 的提升。



覆盖范围的增加，是通过降低数据速率、增加每个数据包需要在空中重复传输次数实现的。数据速率会降至几十 bps，但是具有出色的渗透率。同时，在上行链路使用独立传输和 $\pi/2$ BPSK 调制，能够以更小的 PAPR 完全实现 PA 容量。

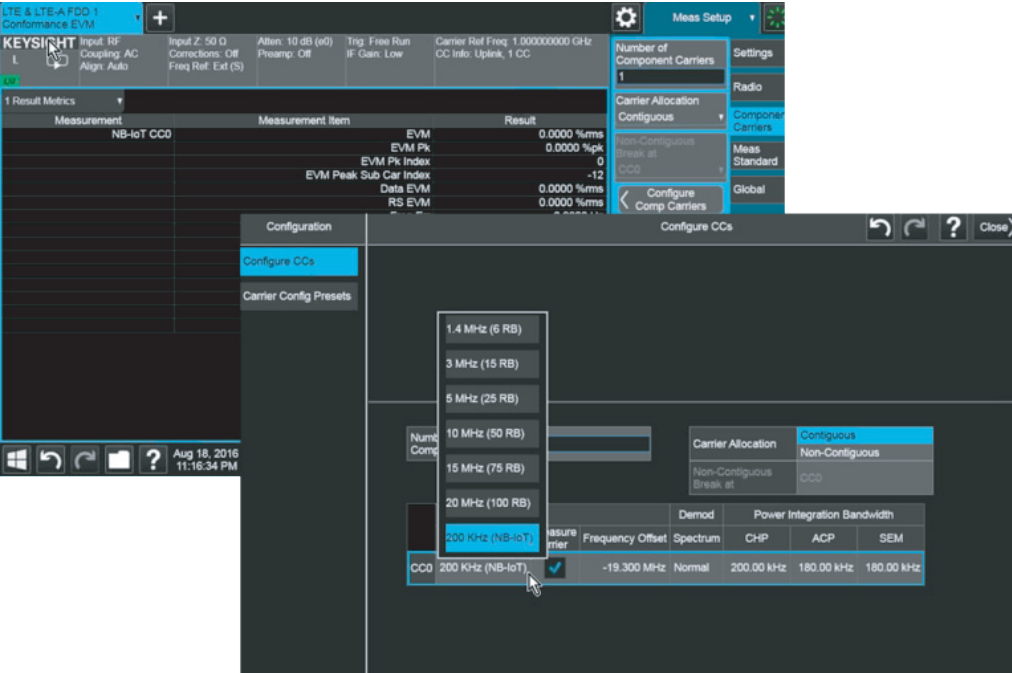


实例：窄带物联网在 NPDCCH 和 NPDSCH 信道中使用的重复次数。

改善物联网设备的室内覆盖（续）

设备成本是决定成功的重要因素，但使用低成本晶体振荡器会导致较大的频偏，从而影响解调信号的质量。因此，窄带物联网设备必须尽可能接近设计目标，包括适当实现的射频要求和物理层算法。

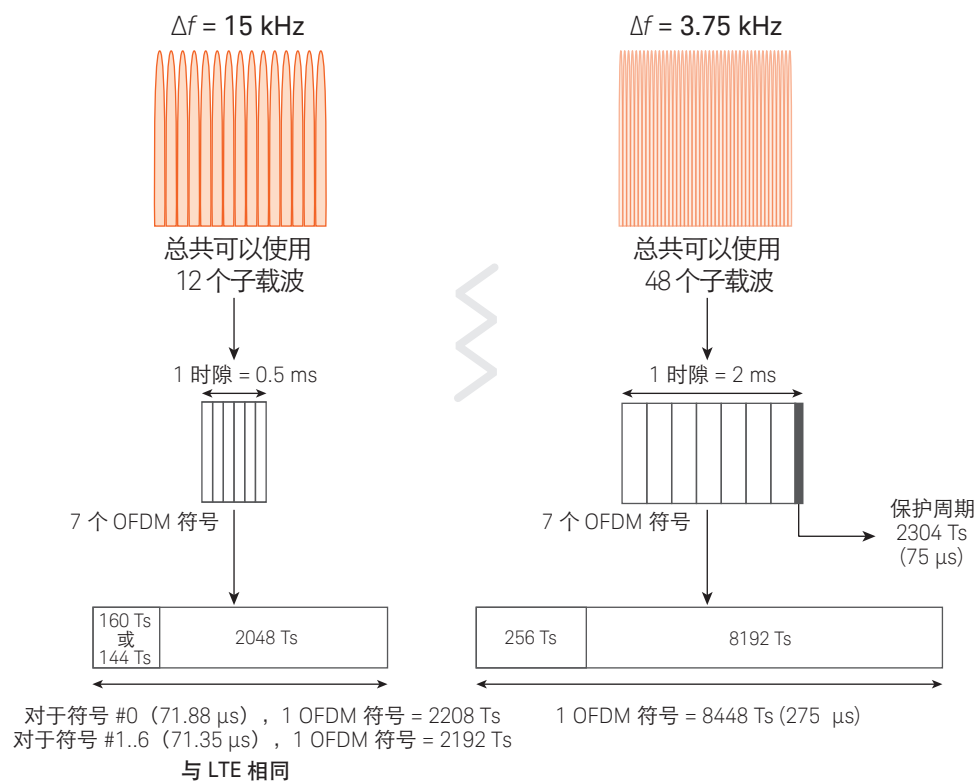
通常，关键的覆盖范围性能指标包括上行链路发射功率、EVM、灵敏度和阻塞。UXM 支持简单、精确和综合的设置，因为其使用是德科技经过业界验证的 X 系列测量应用软件，能够生成干扰信号来仿真更真实的场景（例如 GSM 或 LTE 共存），同时深入访问 MAC 和 PHY 层设置来仿真不同水平的覆盖范围。



支持数量庞大的双向通信设备

在窄带物联网中,下行链路基于 OFDMA 方式;而在 LTE 中,每个子帧包含 14 个符号,持续时间为 1 ms (每时隙 0.5 ms)。在频域中,下行链路信号使用间隔为 15 kHz 的 12 个子载波,从而达到总共 180 kHz 的带宽 (等于 LTE 中的 1 PRB)。

上行链路基于 SC-FDMA 方式,有两个变体。在极端覆盖条件下,以及为了支持更高的设备密度,它允许在单音频配置中使用间隔为 3.75 kHz 的更小子载波,时隙持续时间为 2 ms。其他情况下,它可以使用 15 kHz 子载波间隔,并且能够根据网络的拥塞情况分别传输 1、3、6 或 12 个子载波,时隙持续时间为 0.5 ms。



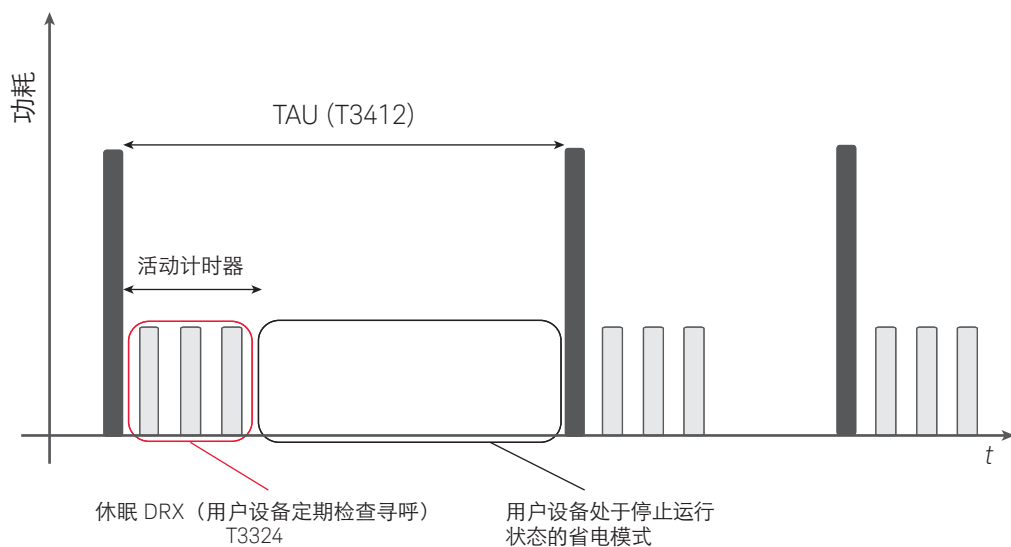
蜂窝物联网设备的低成本和低功耗

在第 13 版标准中, 仅规定了 FDD 双工模式的定义, 而 TDD 推迟到在后续版本中定义。为了减少成本, 设备预计仅以半双工运行, 无需使用昂贵的双工器。

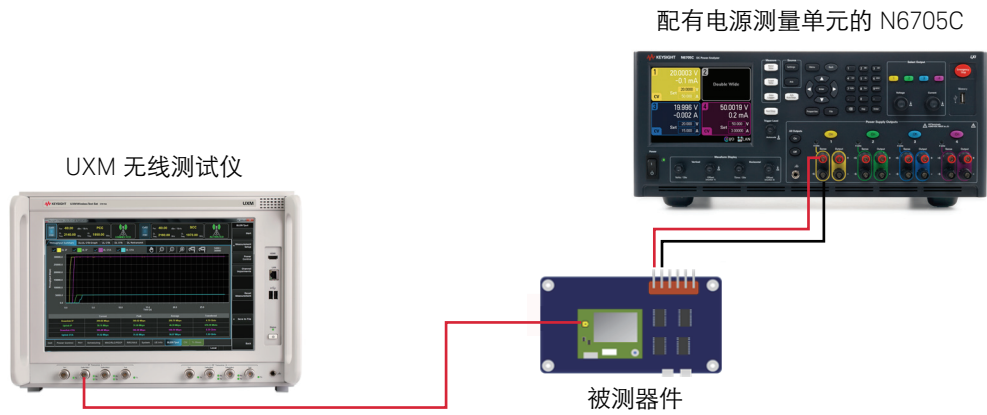
因为不需要高数据速率, 窄带物联网能够使用更小的传输块、单一数据流传输、单个天线 (无 MIMO) 和单个 HARQ 流程, 从而显著降低芯片的复杂性, 平台成本也能有效降低。此外, RRC_CONNECTED 状态不支持移动性 (即无切换), 但是预计这些设备将会是流动的, 这使信元重选成为可能。

另一方面, 电池使用寿命对于物联网设备至关重要。虽然用于发射和接收的底层技术十分重要, 因为这些应用只会交换少量数据而在其他时候保持长时间休眠, 因此最大限度延长设备处于休眠模式或空闲模式的时间是关键所在。

窄带物联网设备必须支持休眠模式的增强, 例如 eDRX 和 PSM。不连续接收 (DRX) 是一个流程, 其中网络指示设备何时可以进入休眠模式, 从而确定时延。DRX 可以在 RRC_IDLE 或 RRC_CONNECTED 状态期间应用。作为第 13 版的一部分, DRX 持续时间已经提升至 (eDRX) 10.24 秒, 这支持设备在更低功耗模式中持续更长的时间, 从而节省电池耗电。第 12 版标准中定义了省电模式 (PSM), 这是一种设备状态, 能够最大限度减少功耗, 甚至比空闲时更省电。



蜂窝物联网设备的低成本和低功耗（续）



结论

新的窄带物联网应用将面临重重挑战。除了低功耗和大规模部署等通常在物联网部署阶段需要解决的挑战之外，在专门用于通信的 LTE 基础上实施应用也是一大挑战。随着新的设计和传输模式得以实施，提前测试设备并验证功能就变得尤为重要，这样做是为了确保稳定性，特别是关键任务型用例的稳定性。因为这些设备将在运营商管理的且已经获得许可的频谱上运行，所以需要使用测试套件对设备进行验收，包括 3GPP 一致性和窄带物联网技术认证。



www.axiestandard.org

AdvancedTCA[®] Extensions for Instrumentation and Test (AXIe) 是基于 AdvancedTCA 标准的一种开放标准, 将 AdvancedTCA 标准扩展到通用测试半导体测试领域。是德科技是 AXIe 联盟的创始成员。



www.lxistandard.org

局域网扩展仪器 (LXI) 将以太网和 Web 网络的强大优势引入测试系统中。是德科技是 LXI 联盟的创始成员。



www.pxisa.org

PCI 扩展仪器 (PXI) 模块化仪器提供坚固耐用、基于 PC 的高性能测量与自动化系统。

下载软件, 为您开辟测量新视野

是德科技软件将我们渊博的专业技术集于一身, 供您轻松下载使用。从设计首次仿真到产品首次装运, 是德科技软件工具能够帮助工程师团队加快从数据采集到信息处理再到有效分析的过程。



- 电子设计自动化 (EDA) 软件
- 应用软件
- 编程环境
- 实用软件

如欲了解更多信息, 请访问:

www.keysight.com/find/software

开始 30 天免费试用。

www.keysight.com/find/free_trials

演进

我们独有的硬件、软件和技术人员资源组合能够帮助您实现下一次突破。
我们正在开启技术的未来。



从惠普到安捷伦再到是德科技

myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight
个性化视图为您提供最适合自己的信息！

KEYSIGHT SERVICES
Accelerate Technology Adoption.
Lower costs.

是德科技服务

www.keysight.com/find/services

我们拥有业界领先的技术人员、流程和工具，可以提供深度的设计、测试和测量服务。最终的结果就是：我们帮助您应用新技术，以及经工程师改进的流程，从而降低成本。



3 年保修

是德科技卓越的产品可靠性和广泛的 3 年保修服务完美结合，从另一途径帮助您实现业务目标：增强测量信心、降低拥有成本、增强操作方便性。



Keysight Assurance Plans

www.keysight.com/find/AssurancePlans

10 年的周密保护以及持续的巨大预算投入，可确保您的仪器符合规范要求，精确的测量让您可以继续高枕无忧。



www.keysight.com/go/quality

是德科技公司

DEKRA 认证 ISO 9001:2015

质量管理体系

是德科技渠道合作伙伴

www.keysight.com/find/channelpartners

黄金搭档：是德科技的专业测量技术和丰富产品与渠道合作伙伴的便捷供货渠道完美结合。

www.keysight.com/find/uxm

www.keysight.com/find/EXM

www.keysight.com/find/T4010S

www.keysight.com/find/N6700

如欲获得是德科技的产品、应用和服务信息，请与是德科技联系。如欲获得完整的产品列表，请访问：www.keysight.com/find/contactus

是德科技客户服务热线

热线电话: 800-810-0189、400-810-0189

热线传真: 800-820-2816、400-820-3863

电子邮件: tm_asia@keysight.com

是德科技 (中国) 有限公司

北京市朝阳区望京北路 3 号是德科技大厦

电话: 86 010 64396888

传真: 86 010 64390156

邮编: 100102

是德科技 (成都) 有限公司

成都市高新区南部园区天府四街 116 号

电话: 86 28 83108888

传真: 86 28 85330931

邮编: 610041

是德科技香港有限公司

香港北角电器道 169 号康宏汇 25 楼

电话: 852 31977777

传真: 852 25069233

上海分公司

上海市虹口区四川北路 1350 号

利通广场 19 楼

电话: 86 21 26102888

传真: 86 21 26102688

邮编: 200080

深圳分公司

深圳市福田区福华一路 6 号

免税商务大厦裙楼东 3 层 3B-8 单元

电话: 86 755 83079588

传真: 86 755 82763181

邮编: 518048

广州分公司

广州市天河区黄埔大道西 76 号

富力盈隆广场 1307 室

电话: 86 20 38390680

传真: 86 20 38390712

邮编: 510623

西安办事处

西安市碑林区南关正街 88 号

长安国际大厦 D 座 501

电话: 86 29 88861357

传真: 86 29 88861355

邮编: 710068

南京办事处

南京市鼓楼区汉中路 2 号

金陵饭店亚太商务楼 8 层

电话: 86 25 66102588

传真: 86 25 66102641

邮编: 210005

苏州办事处

苏州市工业园区苏华路一号

世纪金融大厦 1611 室

电话: 86 512 62532023

传真: 86 512 62887307

邮编: 215021

武汉办事处

武汉市武昌区中南路 99 号

武汉保利广场 18 楼 A 座

电话: 86 27 87119188

传真: 86 27 87119177

邮编: 430071

上海MSD办事处

上海市虹口区欧阳路 196 号

26 号楼一楼 J+H 单元

电话: 86 21 26102888

传真: 86 21 26102688

邮编: 200083